

令和 5 年 5 月 10 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19778

研究課題名（和文）5G時代のエッジコンピューティング環境における情報保護制御機構の開発

研究課題名（英文）Development of Information Protection Control Mechanisms for Edge Computing Environments in the 5G Era

研究代表者

内林 俊洋（Toshihiro, Uchibayashi）

九州大学・情報基盤研究開発センター・助教

研究者番号：90615353

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：近年、クラウドとエッジを連携させたエッジコンピューティング環境を利用したIoTサービスは一般的となり、5G時代が到来することでさらに多くのセンサやデバイスから多種多様な膨大なデータがエッジを経由してクラウドに蓄積されることが予測される。エッジで稼働する仮想マシンやコンテナにおいて、内包するプライバシーデータ等の秘匿情報の有無に関わらず、地域や国を跨いで容易に他のエッジへ配置・移動が行えることが問題である。そこで、エッジの仮想マシンやコンテナで稼働するアプリケーションが内包する利用許諾条件や組織の規約、国の法規制を、「意識せずに遵守する」ための制御機構の開発を行なった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、エッジコンピューティング環境においてエッジ内のアプリケーションが内包する利用許諾条件や組織の規約、国の法規制を、「意識せずに遵守する」ための制御機構の開発をおこなった。この制御機構を取り入れることで、従来の手順と同様に内包する規約や規制などを意識せずに、制御機構によって規約や規制を遵守することが可能になる。また、エッジコンピューティング環境における仮想マシンやコンテナを対象とした配置・移動のポリシー制御に関する研究は存在せず学術的意義があり、従来の方法を拡張することで制御機構を実現しているため、既存のエッジコンピューティング環境へそのまま適用できるという点で社会的意義があるといえる。

研究成果の概要（英文）：In recent years, IoT services using edge computing environments that link the cloud and the edge have become common. With the arrival of the 5G era, it is predicted that a vast amount of data from an even more significant number of sensors and devices will be stored in the cloud via the edge. The problem is that virtual machines and containers running at the edge can be easily deployed and moved to other edges across regions and countries, regardless of the presence or absence of privacy data and other confidential information contained in them. To solve this problem, we have developed a control mechanism that allows applications running on virtual machines and containers at the edge to comply with license terms, organizational rules, and national laws and regulations without awareness.

研究分野：エッジコンピューティング

キーワード：エッジコンピューティング ポリシー制御 マイグレーション コンテナ 仮想マシン

1. 研究開始当初の背景

近年、センサやデバイスの普及が目覚ましく、環境の状況を測定するための各種センサや個人の健康状態を測定するためのウェアラブルデバイスなど、目的や形態が異なる多種多様なセンサやデバイスが市場に提供されている。それらのセンサやデバイスが収集したデータをエッジ経由でクラウドへ蓄積する Internet of Things (IoT) が一般的となっている。これらのデータを利用するウェブサービスは、大量のデータや個人情報を含むデータを扱うため、クラウドへ蓄積する前にエッジで事前処理を行うことでデータ量を減らしたり個人に紐づく情報を二次加工し個人に紐づかないデータへ変換する。特に、5G 時代になると非常に大量のデータを高速に扱うため、事前処理を行うエッジは欠かせないものとなる。そして、エッジで稼働する事前処理を行うためのアプリケーションは、大量のデータを扱うために数千・数万規模の大量のエッジで並列に配置する必要があり、仮想マシンやコンテナで実装しなければ対応できない。これらの仮想マシンやコンテナはイメージで管理することで、大量のエッジに配置することができる。また、稼働中のエッジからイメージを抽出し、他のエッジへ配置・移動(マイグレーション)することも容易である。これらのマイグレーション技術を利用し、センサやデバイスの密集度や地理的配置を考慮したエッジの再配置を動的かつ自動で行うことで、ネットワークコネクションの最適化をするための研究が多くされており、すでにサービスとして提供されているものが存在する。しかし、現在の仮想マシンやコンテナの配置・移動の仕組みでは、内包するアプリケーションやデータの規約や規制については全く考慮してしない。よって、配置・移動先のエッジが仮想マシンやコンテナの内包するアプリケーションの利用許諾条件や組織の規約、国の法規制に違反している場合でも、容易に配置・移動できることが問題となる。仮想マシンやコンテナを配置・移動させた場合、国内の場合はアプリケーションの利用許諾条件や組織の規約に準じた場所ではなくてはならず、国外であればさらに制約は厳しくなり、国の法規制が絡んでくる。エッジの管理者がアプリケーションの管理者であるとは限らず、場合によってはアプリケーションの規約に違反する。特に国外に関しては、GDPR 等の国の法規制に違反する可能性が大いにあり、非常に問題となる。

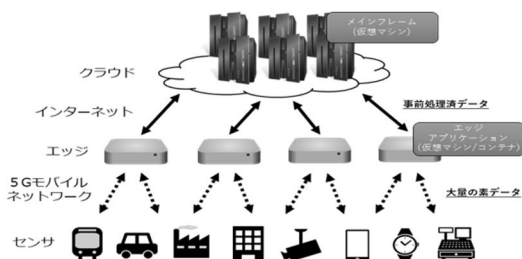


図1 エッジコンピューティング環境

2. 研究の目的

本研究の目的は、エッジコンピューティング環境下において、エッジ内のアプリケーションが内包する利用許諾条件や組織の規約、国の法規制を、「意識せずに遵守する」ための制御機構の開発である。この制御機構をエッジコンピューティング環境に取り入れることで、仮想マシンやコンテナをエッジへ配置・移動する際に、従来の手順と同様にアプリケーションが内包する規約や規制などを意識せずに作業をしているにも関わらず、制御機構によって規約や規制を遵守することが可能になる。

3. 研究の方法

エッジ内の仮想マシンやコンテナが内包するアプリケーションの利用許諾条件や組織の規約、国の法規制を遵守して配置・移動の可否を決定するポリシー制御機構の研究開発を行う。本提案の核となるポリシー制御は、申請者がこれまで仮想マシンのマイグレーション制御で提案してきた方法を拡張する。この方法は、仮想マシン及びホストマシン内に規約や制約を記述したポリシーを置いておき、マイグレーション時に比較することでマイグレーションの可否を選択する。コンテナは仮想マシンと違い最小限のアプリケーションやデータから構成されるため、仮想マシンとは異なったポリシーが必要になると考えられる。さらに、エッジで管理者の異なる多様なセンサノードからの大量のデータを事前処理するという特殊な環境上でこのポリシー制御を実現するためには、従来の方法の拡張だけにとどまらず、あらゆる事態を想定したセキュリティへの対応や制御の想定を行う必要がある。入念な調査と実際の環境を想定した大規模なテストベッド環境が必要となる。本研究は、目的を達成するための仮想マシンやコンテナのポリシー制御機構の設計開発、およびプロトタイプシステムの実装と評価を行う。具体的には、ポリシー制御モデルの設計、制御機構実装のためのシステム設計、プロトタイプシステムの実装と評価を行う。

4 . 研究成果

本研究は、エッジコンピューティング環境においてエッジ内のアプリケーションが内包する利用許諾条件や組織の規約、国の法規制を、「意識せずに遵守する」ための制御機構の開発を行った。この制御機構を取り入れることで、従来の手順と同様に内包する規約や規制などを意識せずに、制御機構によって規約や規制を遵守することが可能になった。研究成果を3件の国際会議と1件の学術誌にて発表したことで、本研究の成果を広めることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Uchibayashi Toshihiro, Apduhan Bernady, Suganuma Takuo, Hiji Masahiro | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Experiments and Evaluation of a Container Migration Data-Auditing System on Edge Computing Environment | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Computers | 6. 最初と最後の頁 27 ~ 27 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/computers12020027 | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 Toshihiro Uchibayashi |
| 2. 発表標題 Design and Implementation of a Data-Auditing Mechanism for Container Migration |
| 3. 学会等名 The 6th International Workshop on Emerging Dependable Computing System Technologies and Applications (EDCSTA 2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Toshihiro Uchibayashi |
| 2. 発表標題 Toward a Container Migration Data-Auditing Mechanism for Edge Computing Environment |
| 3. 学会等名 The 12th International Workshop on Future Computing System Technologies and Applications (FiSTA 2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 内林俊洋 |
| 2. 発表標題 A Cloud VM Migration Control Mechanism using Blockchain |
| 3. 学会等名 The 10th International Workshop on Future Computing System Technologies and Applications (FiSTA2020) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|